

1 Vrtání

Obsah

Vrtací nástroje

- 2 Vrtací nástroje podrobně
- 3 Jakou rychlořeznou ocel pro maximální výkon?
- 4 Povrchové úpravy pro nejvyšší výkony
- 5 Označení a pojmy
- 6 Výběr optimální délky upínací drážky
- 7 Výběr správného nástroje
- 8 Další tvary vrtáků z kompaktního materiálu
- 9 Tloušťka drážkované části
- 10 Různé úhly šroubovice
- 11 Úhel hrotu
- 12 Příklady pro provedení hrotů
- 13 Příklady pro zúžení hrotů
- 14 Výhody zúžení hrotů

- 15 Tvary a typy vrtáků
- 16 Přesnost vrtání a nastavování polohy vrtáků
- 17 Provedení stopky pro vrtáky

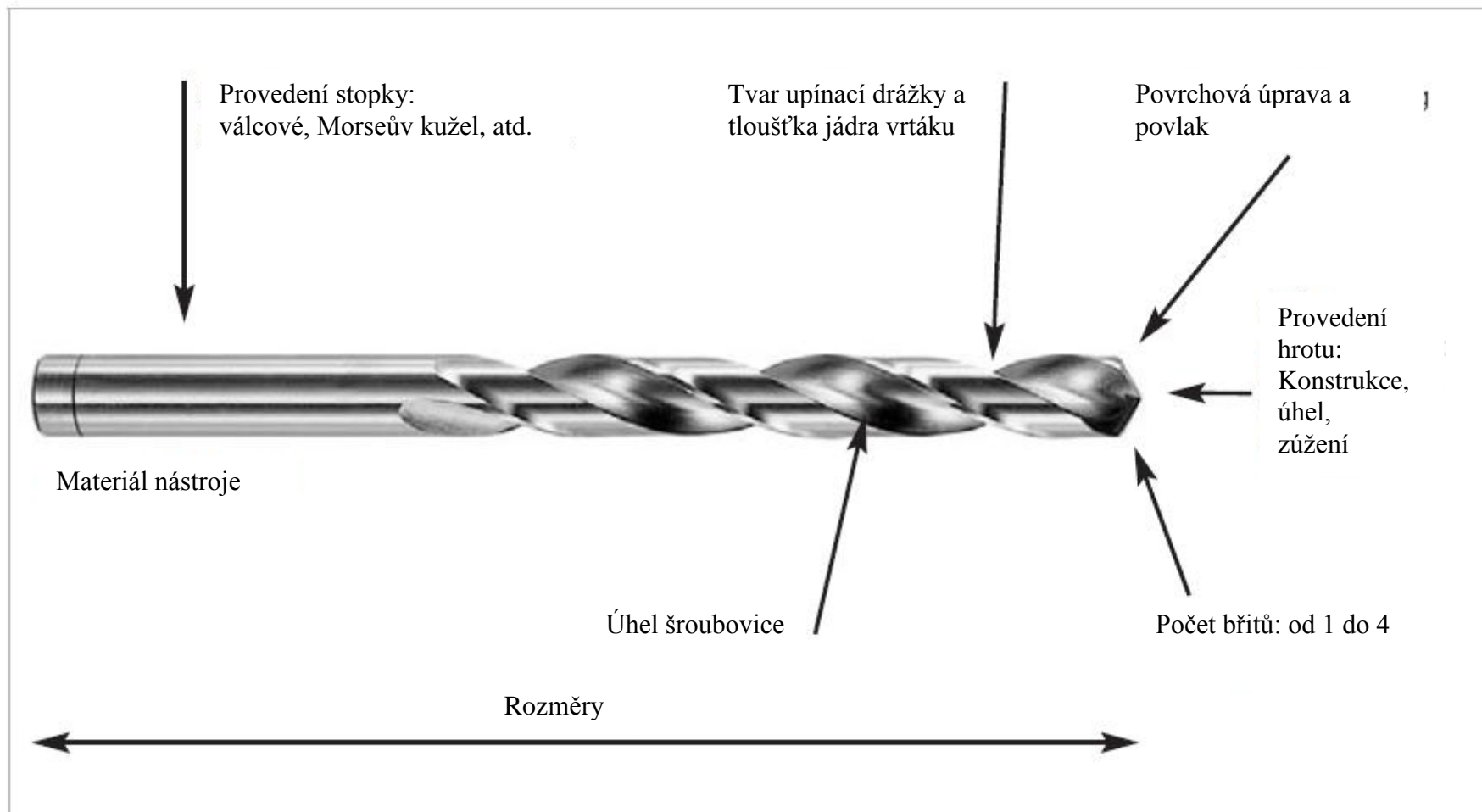
Operace vrtání

- 18 Podklady vrtáků
- 19 Typické řezné rychlosti
- 20 Posuvy
- 21 Chladicí prostředky a odstraňování třísek
- 22 Vrtáky s vývrty pro chladicí prostředek
- 23 Pozorování typů opotřebení
- 24 Tvary třísek a jejich příčiny
- 25 Řešení potíží při vrtání
- 26 Pokyny pro speciální podmínky při vrtání
- 27 Symboly a jejich význam

Požadujete kvalitu? Důvěřujte vrtáků HSS

VRTÁNÍ

2 Vrtací nástroje podrobně



3 Jakou rychlořeznou ocel pro maximální výkon?

Poznámka výrobce nástrojů

Zjistěte výkonnost vrtáků HSS-PM, zejména vrtáků z tvrdokovu

HSS

- Pro obvyklé použití

HSS-E 5% kobalt

- Obvyklý výběr pro průmyslové použití

HSS-E 8% kobalt

- Pro vrtání těžko opracovatelných materiálů

HSS-PM (prášková metalurgie)

- Pro vysoce výkonné vrtání
- Nabízí výkon tvrdokovu a tuhost HSS

Litina

POPIS ÚSPĚCHU

Použití:

Nástroj:

Údaje o řezu:

Trvanlivost v

metrech:

Náklady/díra:

Vrtání otvorů \varnothing 8.25 mm, hloubka 80 mm

Vrták HSS-PM povlakovaný PVD

v_c 60m/min, f_z 0,25 mm/U

více jak dvojnásobek tvrdokovu (812 děr k 375)

50% nákladů tvrdokovu

4 Povrchové úpravy pro nejvyšší výkony

Poznámka výrobce nástrojů

Obrábění je výhodnější pomocí vrtáků s povlakem PVD, protože vzniká méně tření a jsou možné vyšší údaje řezu.
Povlaky DLC se hodí také k vrtání neželezných materiálů.

Parní oxidace

- Obvyklá povrchová úprava
- Vhodné pouze pro železné kovy

Nitridování

- Je používáno pouze zřídka
- Pro litinu a hliník

TiN Zlatá

- Obvyklý víceúčelový povlak PVD
- Nákladová efektivita
- Střední výkonnost

TiCN Šedo fialová

- Vysoká odolnost proti opotřebení
- Pro ocel
- Pro přerušované řezy v těžko opracovávaných materiálech

TiAlN nebo TiAlCN Černo fialová

- Vysoce výkonný povlak PVD pro vysoké řezné rychlosti
- Pro železné kovy (oceli, litiny) tvrdé nebo abrazivní materiály
- Vhodné pro suché obrábění

MoS₂ nebo WC-C Šedo černá

- Dobré vlastnosti proti svařování, redukované tření
- Použití společně s jinými povlaky PVD
- Vhodné pro suché obrábění

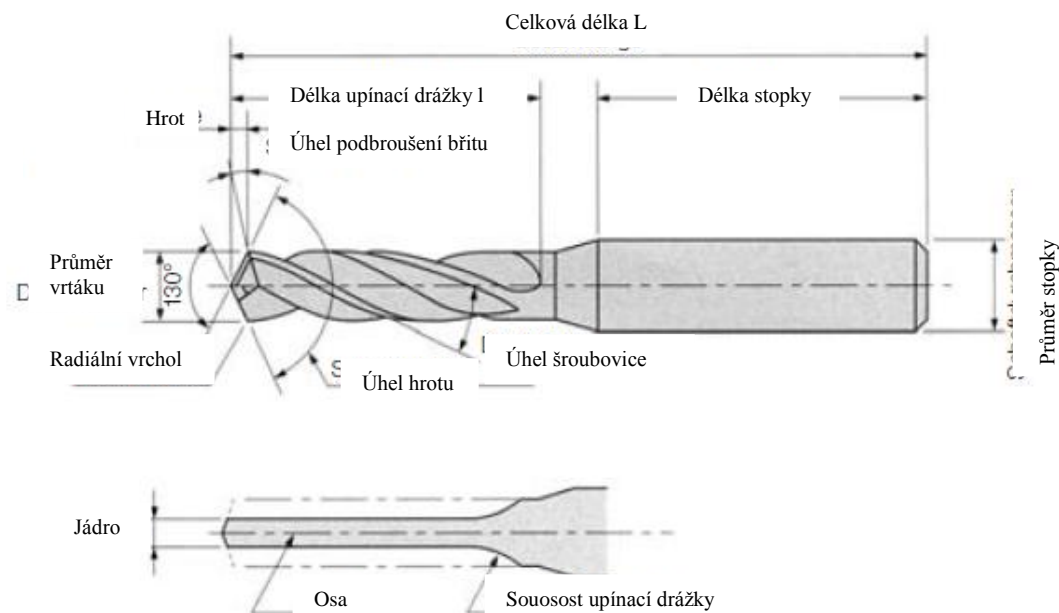
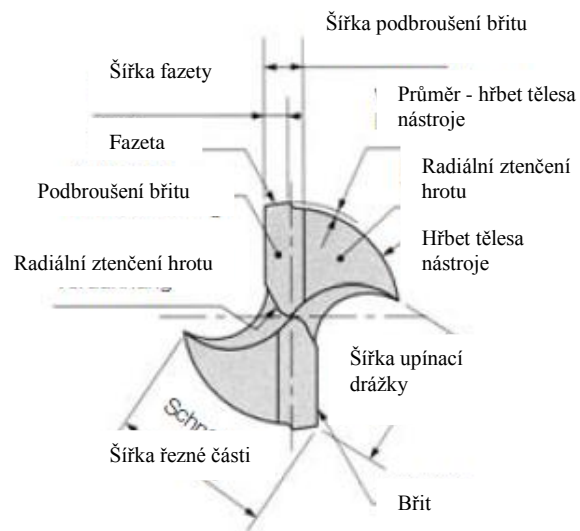
Vrták je definován:

Anglicky: a drill

Francouzsky: un foret

Italsky: una punta

Španělsky: una broca

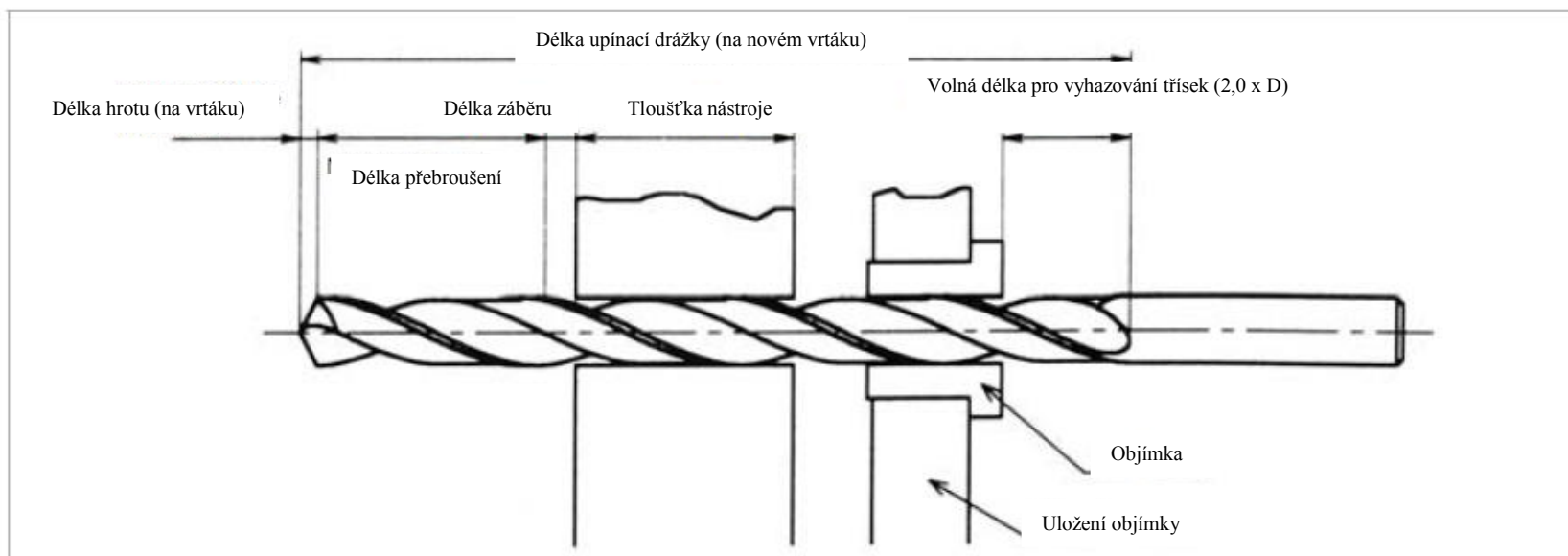


5 Označení a pojmy

6 Výběr optimální délky upínací drážky

Poznámka výrobce nástrojů

Delší vrtáky by měly být použity pouze, když je to bezpodmínečně nutné.



Délka upínací drážky je jedním z nejkritičtějších ovlivňujících faktorů: pro životnost by měly být délky upínací drážky co možná nejkratší. Delší upínací drážky způsobují menší tuhost vrtáků, která vede k nestabilním podmínkám obrábění.

Pro většinu použití může být vypočítána délka upínací drážky následovně:

- Délka vrtání
- + Délka objímky
- + Vzdálenost mezi objímkou a obrobkem
- + 2 x průměr (= volná délka pro vyhazování třísek)
- + Délka záběru

7 Výběr správného nástroje

Poznámka výrobce nástrojů

Spirálové vrtáky z kompaktního materiálu jsou také vhodné pro vysoko výkonné vrtání z důvodu jejich konstrukční úpravy, povlaků PVD a substrátu HSS-PM.



nejvíce používaný



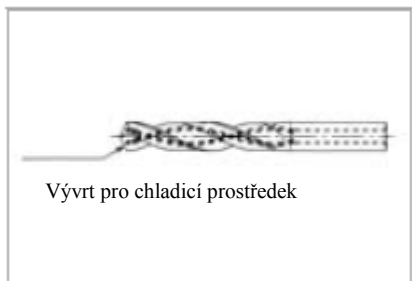
Spirálové vrtáky z kompaktního materiálu

- + Víceúčelové nástroje
- + Největší rozsah průměrů (od 0,05 mm až do 80 mm a více)
- + K dispozici ve čtyřech délkových rozsazích: extra krátký, krátký, dlouhý, extra dlouhý
- + Nejdelší nástroje, které jsou k dispozici (např. dlouhé 1000 mm a průměr 10 mm)

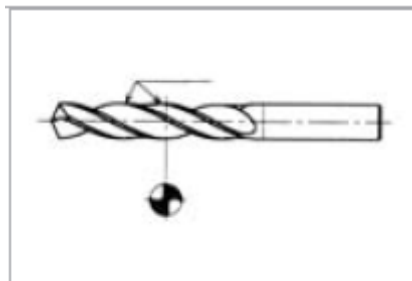
Vrtáky s vyměnitelnými destičkami

- Pro vrtání větších děr, zejména nad 20 mm nebo pro víceúčelové nástroje
- + Není potřeba přebroušení
 - + Víceúčelové nosné nástroje pro odlišné velikosti destiček
 - + Samostředící hroty a ostré břity, proto nižší řezné síly v porovnání s vyměnitelnými destičkami z tvrdokovu
 - + Mohou být použity do vrstvených materiálů a vývrty > 50 mm)
 - Citlivé a nákladově neefektivní u malých průměrů

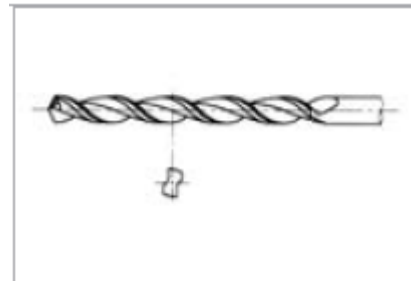
8 Další tvary vrtáků z kompaktního materiálu



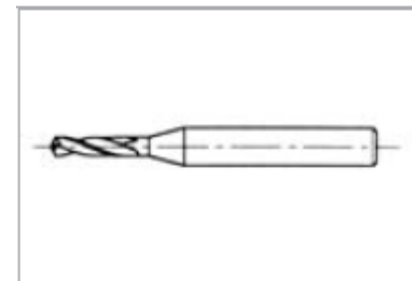
Vrtáky s otvory pro chladicí kapalinu
Pro vysoké výkony a hluboké vývrty



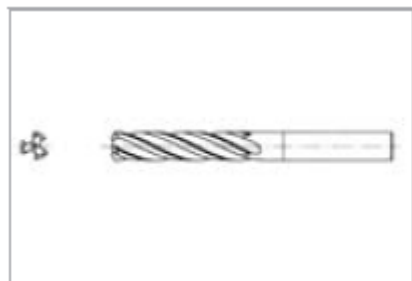
Pro lepší kvalitu vrtání



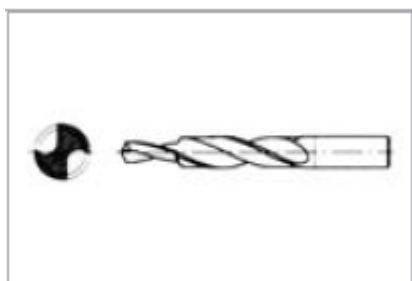
Pro hluboké díry



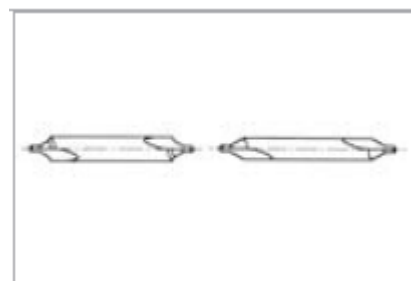
Zvýšená tuhost u malých průměrů



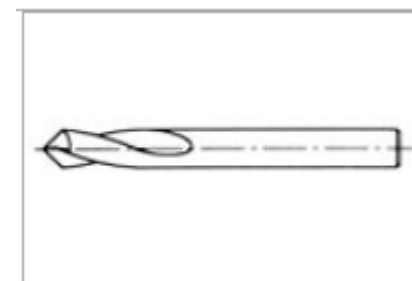
Především volba pro zvětšení děr



Pro kombinované operace v jednom upnutí



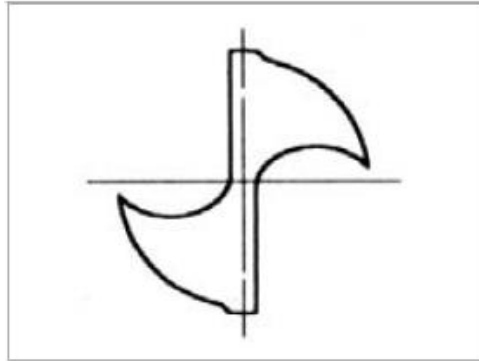
K výrobě středících otvorů pro soustružení a broušení



K zarovnání a zkosení hran

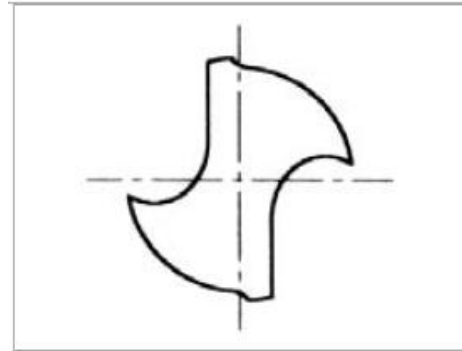
9 Tloušťka jádra vrtáku

Poznámka výrobce nástrojů
Jádro je páteří vrtáku



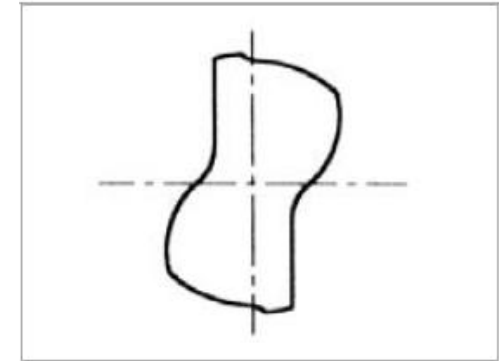
Běžná

- Pro obecné použití
- Větší drážka pro odchod třísek
- Menší průměr jádra: $0,10 \sim 0,25 D$



Střední průměr drážkované části

- Vysoká tuhost při větších posuvech. Jsou nutná zúžení pro malá tlaková zatížení
- Vhodné pro ocel a litiny
- Pro vysoké výkony a delší životnost
- Větší průměr jádra : $0,20 \sim 0,35 D$



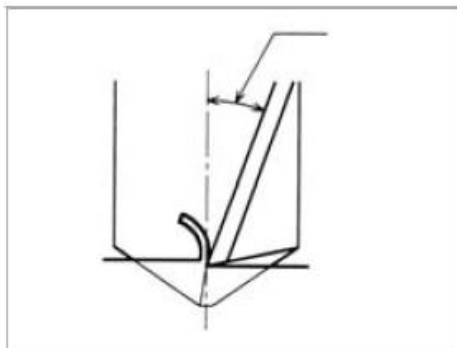
Provedení ve tvaru paraboly

- Vysoká tuhost při lehčím obrábění
- Pro hliník a nerezavějící oceli
- Dlouhá životnost
- Pro hluboké díry, aby bylo zamezeno zlomení vrtáků
- Největší průměr jádra: $0,30 \sim 0,45 D$

10 Různé úhly šroubovice

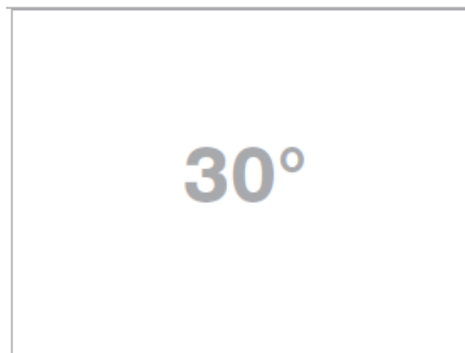
Poznámka výrobce nástrojů

Nezapomeňte, aby byl u vrtáku úhel šroubovice synchronní s úhlem odklonu třísky



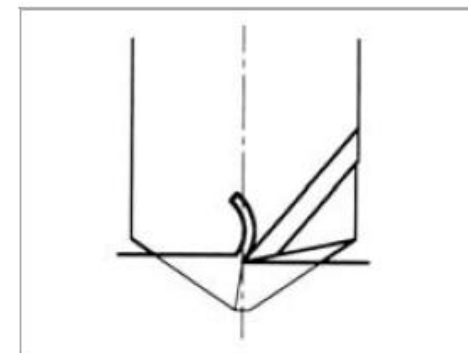
Menší úhel šroubovice

Použití: tvrdé materiály, bronz, mosaz
Také je možno jej doporučit pro vrtáky s malými průměry, aby byla zlepšena tuhost
+ zvětšuje odolnost bříty
- zvyšuje řezné síly



Standardní úhel šroubovice

Obvyklá volba
Nejvíce užívané provedení



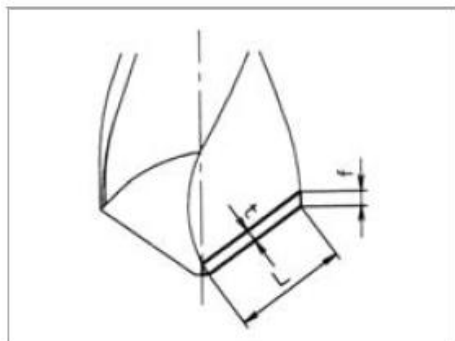
Větší úhel šroubovice

Použití: měkké materiály (hliník, měď)
+ Redukuje řezné síly
- snižuje odolnost bříty

11 Úhel hrotu

Poznámka výrobce nástrojů

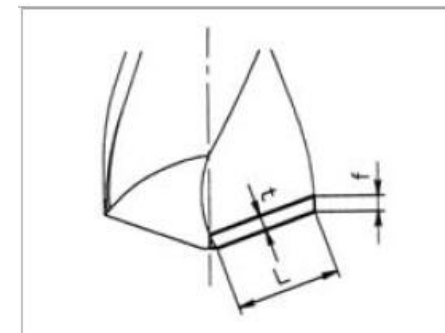
Vrtáky HSS pokrývají největší rozsah úhlů hrotů: používejte je!



Menší úhel
Malé úhly: 90°
Pro měkké materiály

118° nebo 120°

Standardní úhel
Obecné použití
Poznámka: Úhel hrotu má vliv na tlakové zatížení, točivý moment a délku břitu jakož i na tloušťku třísky

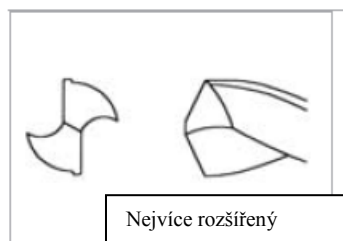


Velký úhel
Velké úhly: 130° , 135° nebo 140°
Pro tvrdé materiály
Zamezuje proběhnutí vrtáku při zvláštních podmínkách vrtání (hluboké vývrty, příčné vývrty, čepové vývrty, nakloněné vývrty, atd.)

12 Příklady pro provedení hrotů

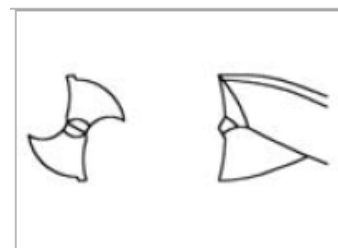
Poznámka výrobce nástrojů

Zvyšte kvalitu vrtání a výkon vrtáků výběrem správného provedení hrotů



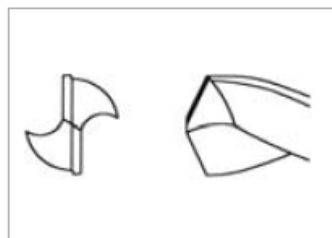
Kuželový

- Obvyklý vrták
- Obecné použití



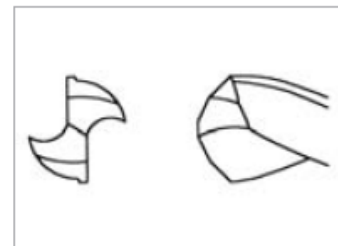
Hrot středicího vrtáku

- Jednoduché nastavení polohy vrtáku
- Zamezuje tvorbě ostřin a vibracím při vrtání tenkého vrstveného materiálu a v trubkách
- Použití: stavební oceli



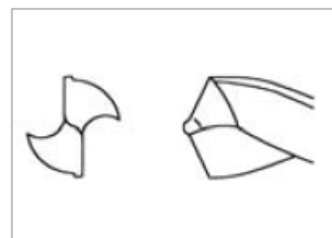
Čtyři fasety

- Pro těsné tolerance vývrtů
- Doporučeno pro malé vývrty
- Možnost lehce přebrousit



Dvojitý úhel

- Vyšší odpor hran
- Použití: tvrzené materiály, abrazivní materiály, litiny



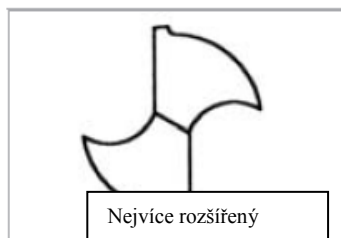
Spirálovitý hrot

- Dobré středění
- Snížená tvorba ostřin
- Použití: hliník

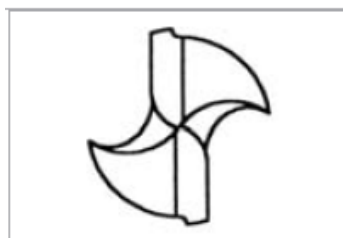
13 Příklady pro zúžení hrotů

Poznámka výrobce nástrojů

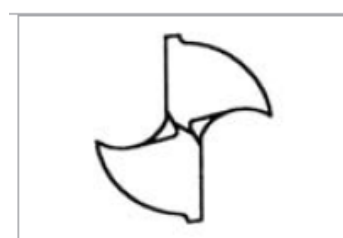
Vysoce výkonné vrtáky HSS jsou samostředící: nejsou potřeba navrtáváky



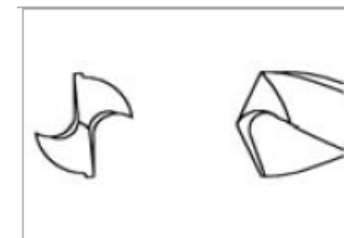
Žádné zúžení
- Obecné použití



Provedení se třemi úhly
- Přesná poloha břitů
- Pro těžko opracovatelné materiály a hluboké vývrty



Provedení W
- Pro těžké operace vrtání a tvrdé materiály
- Zamezuje lámání



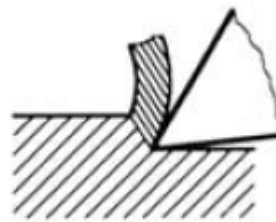
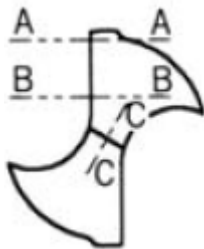
Radiální hrot
- Pro těžké operace vrtání
- Vznikají krátké zlomené třísky
- Snižuje tlaková zatížení

14 Výhody zúžení hrotů

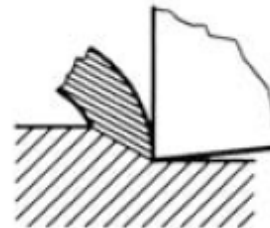
Poznámka výrobce nástrojů

Zúžení hrotů snižuje tlaková zatížení, umožňuje zvýšené řezné podmínky a zlepšuje kvalitu vývrtů a životnost.

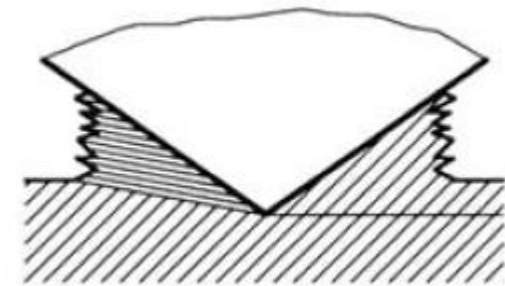
Geometrie standardních vrtáků (bez zúžení hrotu)



A-A Zobrazení řezu
Pozitivní úhel

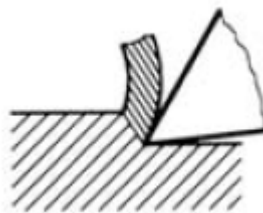
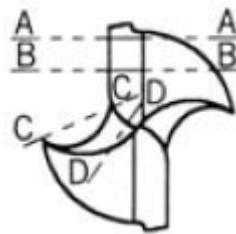


B-B Zobrazení řezu
Pozitivní úhel



C-C Zobrazení řezu
Žádné břity, pouze deformace

Geometrie vrtáků se zvětšeným výkonem (se zúžením hrotu)



A-A Zobrazení řezu
Pozitivní úhel



B-B Zobrazení řezu
Pozitivní úhel



C-C Zobrazení řezu
Pozitivní úhel



D-D Zobrazení řezu
Pozitivní úhel

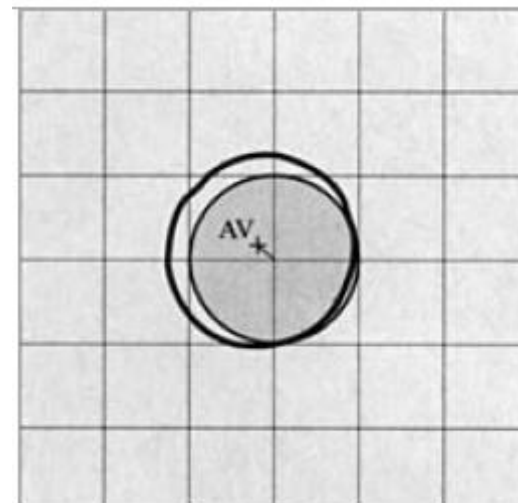
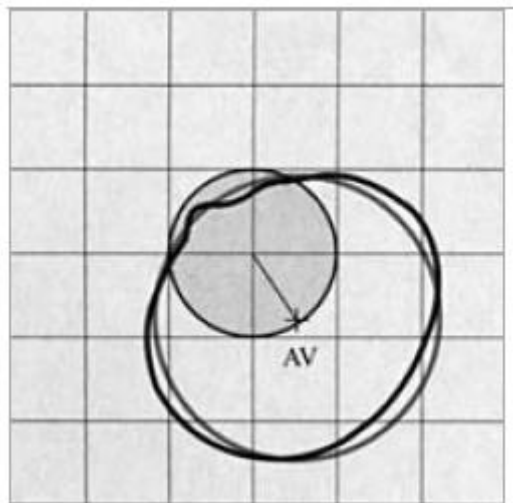
15 Tvary a typy vrtáků

Provedení	Drážkovaná část	Úhel šroubovice	Úhel hrotu	Použití
N	Standardní šířka spirály	Standard (30°)	Standard (118° nebo 120°)	Železné materiály Litiny
H	Úzká šířka spirály	Malý (12° nebo 16°)	Standard (118° nebo 120°) nebo velký (130°)	Křehké materiály Bronz Mosaz
W	Úzká šířka spirály	Velký (35-40°)	Velký (130°)	Křehké materiály Slitiny hliníku Měď
Ve tvaru paraboly GT50,GT100	Velká šířka spirály	Velký (35-40°)	Standard (118° nebo 120°) nebo velký (130°)	Lehce zpracovatelné materiály houževnaté materiály
Velmi tuhé Ti	Úzká šířka spirály	Středně velký (20-35°)	Velký (130° nebo 135°)	Obtížně zpracovatelné materiály (nerezavějící ocele, žáruvzdorné ocele, pružinová ocel)

16 Přesnost vrtání a nastavování polohy vrtáků

Poznámka výrobce nástrojů

Zlepšená přesnost
vývrtů s vrtáky HSS
s rozšířenou výkonností



Standardní geometrie

- Průměr nástroje: 10 mm
- Průměr vývrtu: 10,07
- Nesprávné nastavení polohy: AV 0,15 mm
- IT 12

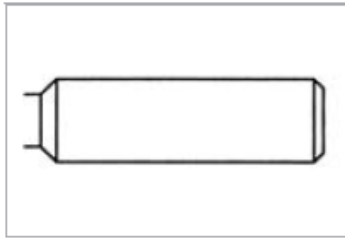
Geometrie s rozšířenou výkonností

- Průměr nástroje: 10 mm
- Průměr vývrtu: 10,025
- IT 9

Poznámka výrobce nástrojů

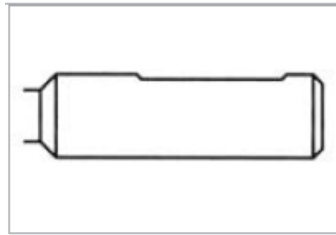
Vrták existuje:

- se zesílenými stopkami za účelem větší tuhosti a u malých nástrojů
- nebo s menšími stopkami pro použití na soustruzích



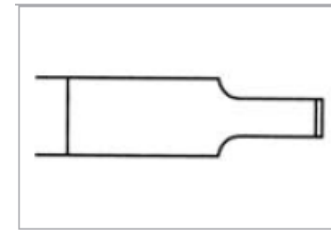
Válcová stopka

- Nejvíce užívaná



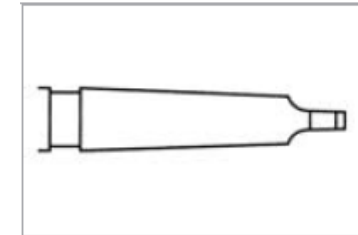
Válcová stopka s čelní plochou

- Pro velké průměry (mezi 6-20 mm)
- Pro vrtáky s vývrtem pro chladicí prostředek
- Zamezuje vytažení vrtáku ze sklíčidla



Válcová stopka s unášěčem

- Pro rychlou výměnu nástroje
- Jednoduchý držák s velkou tuhostí
- Velká odchylka v kruhovém pohybu



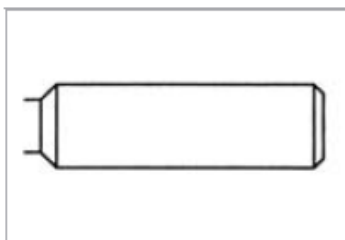
Stopka s Morseovým kuželem s unášěčem

- Pro velké průměry
- Pro rychlou výměnu nástroje
- Velká tuhost

Poznámka výrobce nástrojů

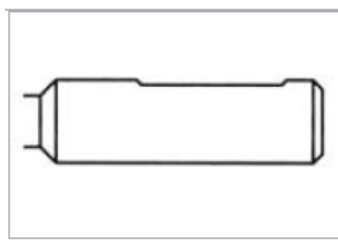
Vrták existuje:

- se zesílenými stopkami za účelem větší tuhosti a u malých nástrojů
- nebo s menšími stopkami pro použití na soustruzích



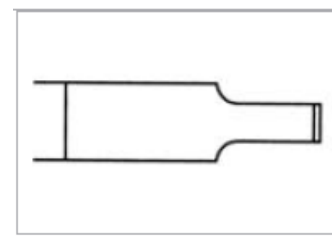
Válcová stopka

- Nejvíce užívaná



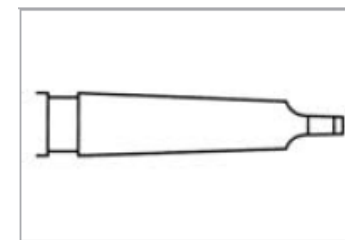
Válcová stopka s čelní plochou

- Pro velké průměry (mezi 6-20 mm)
- Pro vrtáky s vývrtem pro chladicí prostředek
- Zamezuje vytažení vrtáku ze sklíčidla



Válcová stopka s unášečem

- Pro rychlou výměnu nástroje
- Jednoduchý držák s velkou tuhostí
- Velká odchylka v kruhovém pohybu



Stopka s Morseovým kuželem s unášečem

- Pro velké průměry
- Pro rychlou výměnu nástroje
- Velká tuhost

18 Podklady k vrtání

Poznámka výrobce nástrojů

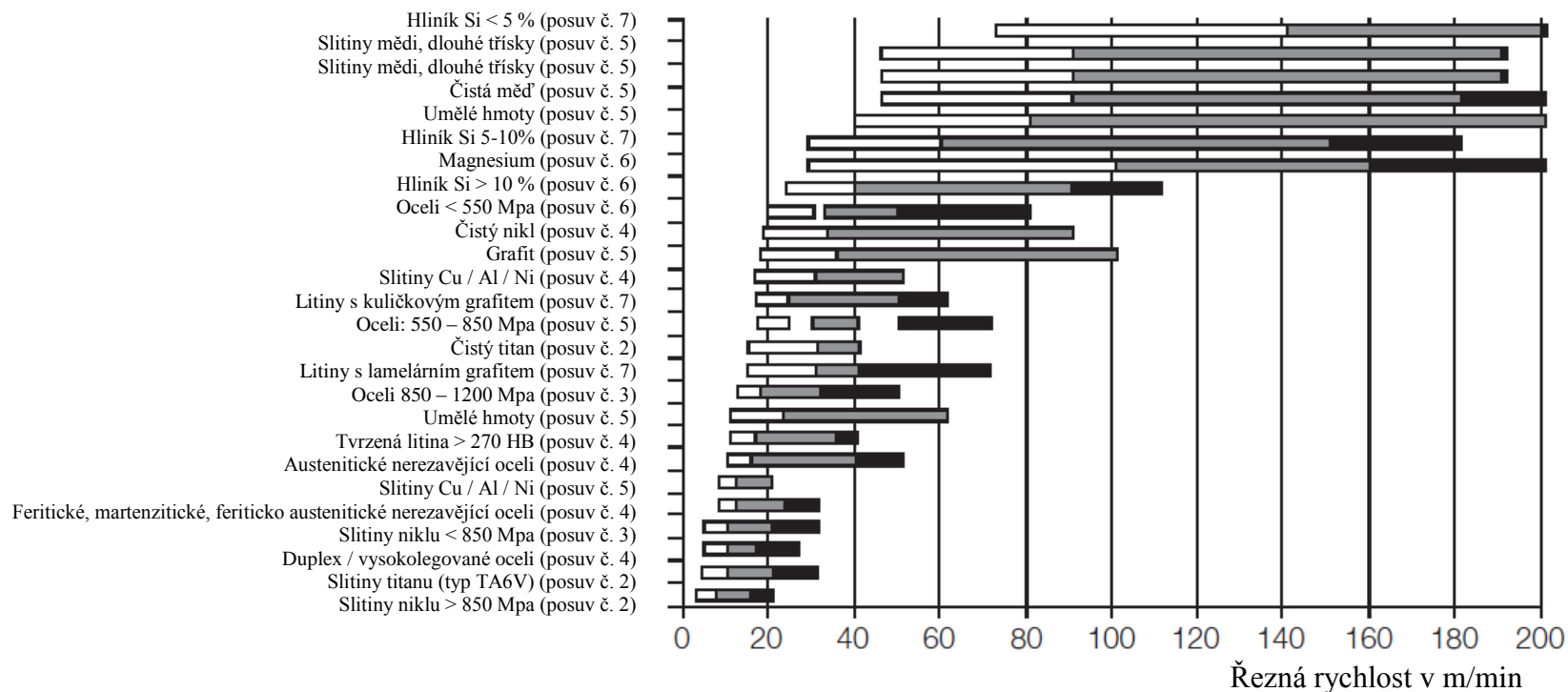
Věděli jste, že v 75% všech mechanických dílů jsou vrtané díry?



- Vrtání je proces řezání, ve kterém se nástroj otáčí v osové uspořádání, s výjimkou soustruhu, kde vrták stojí a obrobek se otáčí.
- Při vrtání se mění řezná rychlost podél břitu. Na řezném hrotu je řezná rychlost NULA. Hrot neřeže, ale tlačí kov.

19 Typické řezné rychlosti

- Nepotažené vrtáky HSS
- Vrtáky HSS potažené PVD
- Vrtáky HSS-PM potažené PVD



20 Posuvy

Ø vrtáku mm	Číslo řady posuvů								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	F (mm/U)								
0.50	0.004	0.006	0.007	0.008	0.010	0.012	0.014	0.016	0.019
1.00	0.006	0.008	0.012	0.014	0.016	0.018	0.020	0.023	0.025
2.00	0.020	0.025	0.032	0.040	0.050	0.063	0.080	0.100	0.125
2.50	0.025	0.032	0.040	0.050	0.063	0.080	0.100	0.125	0.160
3.15	0.032	0.040	0.050	0.063	0.080	0.100	0.125	0.160	0.160
4.00	0.040	0.050	0.063	0.080	0.100	0.125	0.160	0.200	0.200
5.00	0.040	0.050	0.063	0.080	0.100	0.125	0.160	0.200	0.250
6.30	0.050	0.063	0.080	0.100	0.125	0.160	0.200	0.250	0.315
8.00	0.063	0.080	0.100	0.125	0.160	0.200	0.250	0.315	0.315
10.00	0.080	0.100	0.125	0.160	0.200	0.250	0.315	0.400	0.400
12.50	0.080	0.100	0.125	0.160	0.200	0.250	0.315	0.400	0.500
16.00	0.100	0.125	0.160	0.200	0.250	0.315	0.400	0.500	0.630
20.00	1.125	0.160	0.200	0.250	0.315	0.400	0.500	0.630	0.630
25.00	0.160	0.200	0.250	0.315	0.400	0.500	0.630	0.800	0.800
31.50	0.160	0.200	0.250	0.315	0.400	0.500	0.630	0.800	1.000
40.00	0.200	0.250	0.315	0.400	0.500	0.630	0.800	1.000	1.250
50.00	0.250	0.315	0.400	0.500	0.630	0.800	1.000	1.250	1.250
63.00	0.315	0.400	0.500	0.630	0.800	1.000	1.250	1.600	1.600
80.00	0.400	0.500	0.630	0.800	1.000	1.250	1.600	1.600	2.000

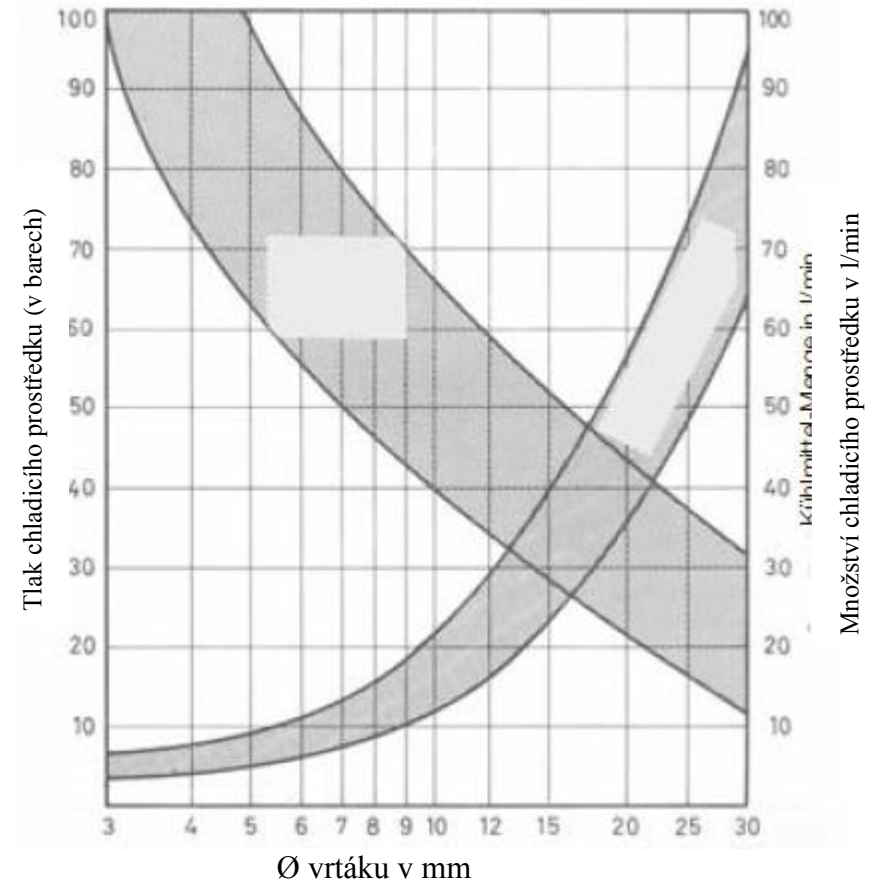
21 Chladicí prostředky a odstraňování třísek

Poznámka výrobce nástrojů

Vrtáky s otvory pro chladicí prostředek mají delší životnost

- Chladicí prostředky jsou velmi důležité pro odvod tepla, odstraňování třísek a mazání, aby bylo zamezeno opotřebením třením na hrotu vrtáku, kde je řezná rychlost NULA.
- Při vrtání jsou preferovány obvykle emulze, ale může být také použit olej.
- Emulze s příměsemi zřetelně prodlužují životnost vrtáků HSS.
- Chladicí prostředek musí být přímo namířen na břit.
- Stupeň potřebného mazání se řídí podle průměru vrtáku, hloubkou vývrtnu a řeznými podmínkami.

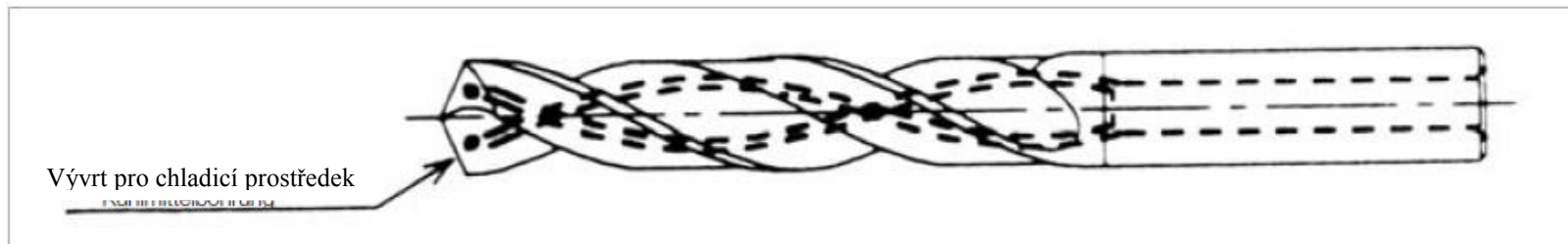
Tlak a množství



22 Vrtáky s otvory pro chladicí prostředek

Poznámka výrobce vrtáků

Vrtáky s otvory pro chladicí prostředek jsou velmi důležité pro dlouhou životnost, vysoké řezné rychlosti a hluboké vývrty



Výhody vrtáků s otvory pro chladicí prostředek a vysokým tlakem chladicího prostředku

- + zamezují spájení třísek
- + zamezují škodlivým chemickým reakcím, které vznikají při vysokých teplotách
- + prodlužují životnost (až k 300 %)
- + umožňují až o 30 % vyšší řezné rychlosti
- + zlepšují kvalitu povrchu

Litina

POPIS ÚSPĚCHU

Použití:

Vrtání otvorů $\varnothing 8.25$ mm, délka = 80 mm v automobilovém dílu

Nástroj:

Vrták HSS-PM 9 % Co s vývrty pro chladicí prostředek + povlakovaný PVD + speciální geometrie

Údaje o řezu:

v_c 60m/min, f 0,25 mm/U

Trvanlivost v metrech:

více jak dvojnásobná v porovnání s vrtákem z tvrdokovu (812 děr místo k 375)

Náklady na vývrt:

poloviční v porovnání s vrtákem u tvrdokovu

23 Pozorování typů opotřebení

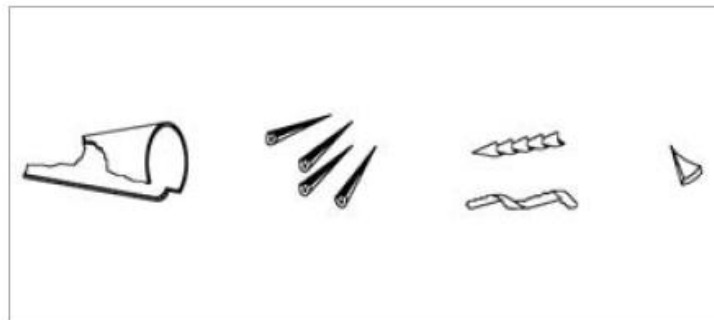
Opotřebení plochy hřbetu	Opotřebení žlábků	Drobení	Deformace	Nárůst na břitu
<ul style="list-style-type: none">- Normální jev opotřebení- Zvýšit řeznou rychlost (v_c) a / nebo posuv (f)- Zvýšit efektivní úhel odklonu třísky	<ul style="list-style-type: none">- Vyhnout se- Snížit řeznou rychlost (v_c) a / nebo posuv (f)- Použít nástroj potažený PVD a tvrdší druh HSS	<ul style="list-style-type: none">- Vyhnout se- Snížit řeznou rychlost (v_c), zvýšit tlak chladicího prostředku- Použít tužší druh HSS	<ul style="list-style-type: none">- Vyhnout se- Snížit řeznou rychlost (v_c) a / nebo posuv (f)- Použít nástroj potažený PVD a tvrdší druh HSS	<ul style="list-style-type: none">- Vyhnout se- Zvýšit řeznou rychlost (v_c) a / nebo posuv (f)- Použít nástroj potažený PVD a tvrdší druh HSS

Poznámka výrobce nástrojů

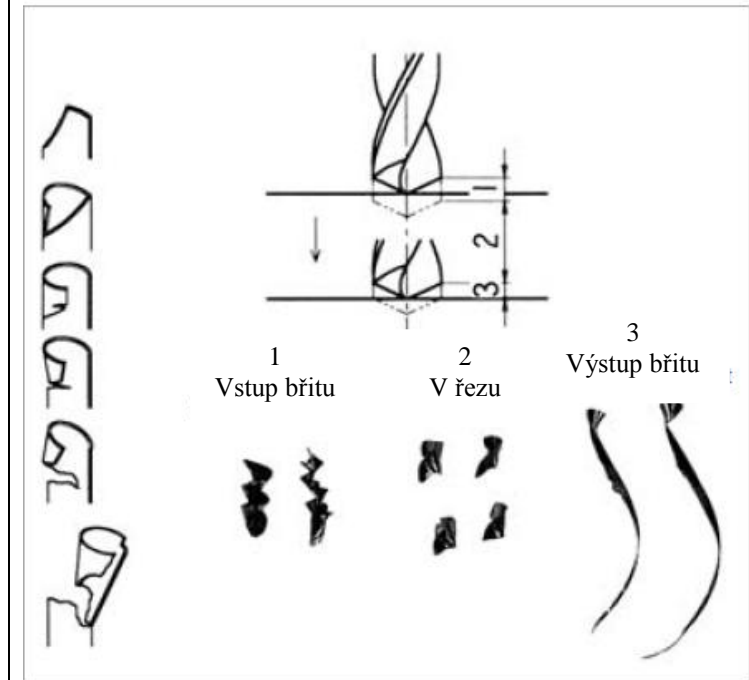
Krátké třísky jsou důkazem toho, že byl zvolen správný posuv

- Dlouhé, spirálové třísky zůstávají v upínací drážce a překáží toku chladicího prostředku přes vývrt.
- Výsledkem je změknutí nástroje nebo zlomení.
- Když jsou třísky příliš krátké, je obtížné je odstranit a někdy se přilepí v upínací drážce. Toto poškozuje kvalitu vývrtu a zkracuje životnost.

Utváření třísky při vrtání



Utváření třísky v každé fázi procesu vrtání, když je použit vrták se zúžením hrotu



Typ potíže	Příčiny	Řešení
Vývrt je příliš velký	Povolené upnutí, nerovnoměrný úhel hrotu, nerovnoměrná délka břitu	Zkontrolovat držák a kruhový pohyb Zkontrolovat přebroušení a přesnost vrtáku
Nepravidelný průměr vývrtu	Povolené upnutí, nerovnoměrný úhel hrotu, velká délka břitu, příliš velký posuv, příliš málo mazání	Zkontrolovat držák a kruhový pohyb Zkontrolovat přebroušení a přesnost vrtáku Zmenšit posuv Použít vrták s vývrtem pro chladicí prostředek
Špatná přesnost polohy	Přesnost kruhového pohybu vřetene Špatná přesnost upnutí Přesnost kruhového pohybu při vrtání	Zkontrolovat držák a kruhový pohyb, zkontrolovat upnutí, Zvolit zúžení s nízkým odporem, Použít sklíčidlo nebo nasadit středění
Špatný směr vývrtu	Příliš velké opotřebení, nerovnoměrný úhel hrotu, povrch obrobku není horizontální, špatné upnutí (např. na soustruzích)	Zkontrolovat přebroušení a přesnost vrtáku, Zkontrolovat nastavení polohy obrobku, nasadit středění
Špatná válcová přesnost	Nepravidelný úhel hrotu, povolené upnutí Příliš velký úhel podbroušení, malá tuhost vrtáku	Zkontrolovat přebroušení a přesnost vrtáku Zkontrolovat držák a přesnost kruhového pohybu Použít vrták s tlustou drážkovanou částí
Špatná kvalita povrchu	Vrták je špatně přebroušen, chlazení břitů není dobré, povolené upnutí, příliš velký posuv, připekání třísek	Správně přebrousit, přivést více chladicího prostředku, zmenšit posuv, použít velkou upínací drážku, použít vrták s velkým úhlem šroubovice
Zlomení vrtáku	Malá tuhost, příliš velký posuv, příliš velké opotřebení, připečení třísek, obtížný vstup břitu	Zlepšit tuhost, snížit posuv, použít velkou upínací drážku. Použít vrták s velkým úhlem šroubovice a přívodem chladicího prostředku, použít sklíčidlo nebo středění
Zlomení unášče	Nestabilní sklíčidlo, defekt (porušení nebo tříska) na vnitřním povrchu Morseova kužele	Oprava sklíčidla nebo jeho výměna

26 Pokyny pro speciální podmínky při vrtání

Vrtání nakloněných ploch	Příčné vrtání nebo nesymetrické vývrty	Vrtání desek	Vrtání vícevrstevných desek	Vrtání trubek
<ul style="list-style-type: none"> - Před vrtáním plochu frézovat - Provést předvrtanou díru pomocí středícího vrtáku nebo navrtávačku - Použít vodící pouzdro - Použít velmi tuhý vrták - Snížit posuv 	<ul style="list-style-type: none"> - Nemělo by být prováděno - Použít velmi tuhý vrták nebo vrták se dvěma okraji - Snížit posuv - Naplnit vývrty stejným materiálem, aby byl řez udržen v rovnováze 	<ul style="list-style-type: none"> - Použít podpěrnou desku - Použít stupňovitý vrták - Snížit posuv 	<ul style="list-style-type: none"> - Použít stupňovitý vrták - Snížit posuv 	<ul style="list-style-type: none"> - Použít stupňovitý vrták - Místo vrtáku použít stopkovou frézu

27 Symboly a jejich význam

Symbol	Jednotka	Označení	Symbol	Jednotka	Označení	Vzorec
D	Mm	Průměr nástroje	v_c	m/min	Řezná rychlost	$v_c = \frac{\pi DN}{1000}$
I	Mm	Hloubka vývrty	v_f	m/min	Posuv za minutu	$v_f = Nf$
L	Mm	Celková délka vrtáku: + hloubka vrtáku + délka hrotu	f	mm/U	Posuv/U	$f = \frac{Vf}{N}$
N	U/min	Otáčky za minutu	T	min	Doba zpracování	$T = \frac{L}{fN}$

